

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

102 42 376.8

Anmeldetag:

12. September 2002

Anmelder/Inhaber:

Volkswagen Mechatronic GmbH & Co KG,  
09366 Stollberg/DE

Erstanmelder: Siemens Aktiengesellschaft,  
80333 München/DE

Bezeichnung:

Pumpe-Düse-Einheit und Verfahren zur Einstellung  
der Härte von Anlagebereichen eines Steuerventils

IPC:

F 02 M 57/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 6. April 2005  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

**Tommaso Bacigalupo**

Serial No.: 11/078,668

Filing Date: March 11, 2005

Title: **Method and Apparatus for the Memory  
Self-Test of Embedded Memories in  
Semiconductor Chips**

§  
§  
§  
§  
§  
§  
§  
§  
§  
§  
§

Group Art Unit: 2133

Examiner:

Attny. Docket No. 068758.0310

Client Ref.: S3506 HAS/nen

Mail Stop  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

CERTIFICATE OF MAILING VIA EXPRESS MAIL

PURSUANT TO 37 C.F.R. § 1.10, I HEREBY CERTIFY THAT I HAVE INFORMATION AND A REASONABLE BASIS FOR BELIEF THAT THIS CORRESPONDENCE WILL BE DEPOSITED WITH THE U.S. POSTAL SERVICE AS EXPRESS MAIL POST OFFICE TO ADDRESSEE, ON THE DATE BELOW, AND IS ADDRESSED TO:

MAIL STOP  
COMMISSIONER FOR PATENTS  
P.O. BOX 1450  
ALEXANDRIA, VA 22313-1450

*Tom Dennessy*

EXPRESS MAIL LABEL: EV590025699US  
DATE OF MAILING: APRIL 25, 2005

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Dear Sir:

We enclose herewith a certified copy of German patent application no. 102 42 376.8 which is the priority document for the above-referenced patent application.

Respectfully submitted,

BAKER BOTTS L.L.P. (023640)

Date: April 25, 2005

By:

*Andreas H. Grubert*  
Andreas H. Grubert  
(Limited recognition 37 C.F.R. §10.9)  
One Shell Plaza  
910 Louisiana Street  
Houston, Texas 77002-4995  
Telephone: 713.229.1964  
Facsimile: 713.229.7764  
AGENT FOR APPLICANTS

## Beschreibung

Pumpe-Düse-Einheit und Verfahren zur Einstellung der Härte von Anlagebereichen eines Steuerventils

5

Die Erfindung betrifft eine Pumpe-Düse-Einheit zum Zuführen von Kraftstoff in einen Verbrennungsraum einer Brennkraftmaschine, mit einer steuer- und/oder regelbaren Kraftstoffpumpe, die ein Steuerventil mit einer Ventilnadel umfasst, die von einem Piezoaktor ausgelenkt wird, wobei der vergleichsweise geringe Hub des Piezoaktors von einer mechanischen Übersetzungseinrichtung auf das zur Auslenkung der Ventilnadel notwendige Maß gesteigert wird. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Einstellung der Härte von zumindest einigen mit einer mechanischen Übersetzungseinrichtung in Kontakt gelangenden Anlagebereichen eines Steuerventils für eine Pumpe-Düse-Einheit zum Zuführen von Kraftstoff in einen Verbrennungsraum einer Brennkraftmaschine, wobei die mechanische Übersetzungseinrichtung dazu vorgesehen ist, einen durch einen Piezoaktor hervorgerufenen vergleichsweise geringen Hub auf ein zur Auslenkung einer Ventilnadel des Steuerventils notwendiges Maß zu steigern.

25

30

Pumpe-Düse-Einheiten dienen zum Zuführen von Kraftstoff in einen Verbrennungsraum einer Brennkraftmaschine. Dabei kann es sich beispielsweise um eine Pumpe-Düse-Einheit mit einer Steuer- und/oder regelbaren Kraftstoffpumpe, einer Kraftstoffeinspritzdüse, die eine zwischen einer Schließstellung und einer Öffnungsstellung hin und her bewegliche Düsennadel aufweist, einem ersten Druckraum, der von der Kraftstoffpumpe mit unter einem ersten Druck stehenden Kraftstoff befüllbar ist, einem zweiten Druckraum, wobei in dem zweiten Druckraum unter einem zweiten Druck stehender Kraftstoff eine Schließ-

kraft auf die Düsennadel ausübt, und einen dritten Druckraum, der mit dem ersten Druckraum kommuniziert, wobei in dem dritten Druckraum unter einem dritten Druck stehender Kraftstoff eine Öffnungskraft auf die Düsennadel ausübt, handeln.

5

Pumpe-Düse-Einheiten werden insbesondere im Zusammenhang mit druckgesteuerten Einspritzsystemen verwendet. Ein wesentliches Merkmal eines druckgesteuerten Einspritzsystems besteht darin, dass die Kraftstoffeinspritzdüse öffnet, sobald eine  
10 zumindest vom aktuell herrschenden Drücken beeinflusste Öffnungskraft auf die Düsennadel ausgeübt wird. Derartige druckgesteuerte Einspritzsysteme dienen der Kraftstoffdosierung, der Kraftstoffaufbereitung, der Formung des Einspritzverlaufs und einer Abdichtung der Kraftstoffzuführung gegen den  
15 Verbrennungsraum der Brennkraftmaschine. Mit druckgesteuerten Einspritzsystemen lässt sich der zeitliche Verlauf des Mengenstroms während der Einspritzung in vorteilhafter Weise steuern. Damit kann ein positiver Einfluss auf die Leistung, den Kraftstoffverbrauch und die Schadstoffemission des Motors  
20 genommen werden.

25

Bei Pumpe-Düse-Einheiten sind die Kraftstoffpumpe und die Kraftstoffeinspritzdüse in der Regel als integriertes Bauteil ausgebildet. Für jeden Verbrennungsraum der Brennkraftmaschine wird zumindest eine Pumpe-Düse-Einheit vorgesehen, die in  
der Regel in den Zylinderkopf eingebaut wird. Die Kraftstoffpumpe umfasst dabei typischerweise einen in einem Kraftstoffpumpenzylinder hin und her beweglichen Kraftstoffpumpenkolben, der entweder direkt über einen Stößel oder indirekt über  
30 Kipphebel von einer Nockenwelle der Brennkraftmaschine angetrieben wird. Der üblicherweise den ersten Druckraum bildende Abschnitt des Kraftstoffpumpenzylinders ist über ein Steuer-ventil mit einem Kraftstoff-Niederdruckbereich verbindbar,

wobei bei geöffnetem Steuerventil Kraftstoff von dem Kraftstoff-Niederdruckbereich in den ersten Druckraum angesaugt und bei weiterhin geöffnetem Steuerventil von dem ersten Druckraum in den Kraftstoff-Niederdruckbereich zurückgedrückt wird. Sobald das Steuerventil geschlossen wird, erfolgt durch den Kraftstoffpumpenkolben eine Komprimierung des in dem ersten Druckraum befindlichen Kraftstoffs und somit ein Druckaufbau. Es ist bekannt, das Steuerventil in Form eines Magnetventils vorzusehen. Magnetventile weisen jedoch üblicherweise eine relativ lange Ansprechzeit auf, was insbesondere dadurch bedingt ist, dass der Magnetanker eines Magnetventils aufgrund der von seiner Masse abhängigen Massenträgheitskräfte nicht beliebig schnell beschleunigt werden kann. Weiterhin erfordert auch der Aufbau des Magnetfeldes zur Erzeugung der Anzugskraft Zeit. Eine mit einem Magnetventil ausgestattete Pumpe-Düse-Einheit ist beispielsweise aus der EP 0 277 939 B1 bekannt.

Piezoaktoren geeigneter Größe können nur einen vergleichsweise geringen Hub erzeugen. Daher wurde bereits vorgeschlagen, eine mechanische Übersetzungseinrichtung vorzusehen, die den durch den Piezoaktor hervorgerufenen vergleichsweise geringen Hub auf ein zur Auslenkung der Ventilmadel des Steuerventils notwendiges Maß steigert. Die mechanische Übersetzungseinrichtung kann beispielsweise durch einen oder mehrere Hebel gebildet sein. Die Anlagebereiche des Steuerventils, die mit der mechanischen Übersetzungseinrichtung in Kontakt gelangen, werden mit sehr hohen Drücken belastet und unterliegen deshalb einem hohen Verschleiß, obwohl der die Anlagebereiche bildende Steuerventilkörper in der Regel durchgehärtet ist, beispielsweise mit Hilfe eines Lufthärteverfahrens. Ein weiteres Problem besteht darin, dass Härteverfahren, die zu einer höheren Härte führen auch die Sprödigkeit des Materials

erhöhen. Dies wirkt sich bei Steuerventilen, in denen hohe Drücke herrschen, nachteilig auf die Druckbeständigkeit aus.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die gattungsgemäßen  
5 Pumpe-Düse-Einheiten und die gattungsgemäßen Verfahren derart  
weiterzubilden, dass die Verschleißanfälligkeit der mit der  
mechanischen Übersetzungseinrichtung in Kontakt gelangenden  
Anlagebereiche des Steuerventils verringert wird, ohne die  
Druckbeständigkeit des Steuerventils nachteilig zu beeinflus-  
10 sen.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst.

15 Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Die erfindungsgemäße Pumpe-Düse-Einheit baut auf dem gattungsgemäßen Stand der Technik dadurch auf, dass mit der Übersetzungseinrichtung in Kontakt gelangende Anlagebereiche  
20 des Steuerventils zumindest teilweise eine höhere Härte aufweisen als zu diesen Anlagebereichen benachbarte Bereiche.  
Diese Lösung ermöglicht es, die Festigkeit des Steuerventils sowohl hinsichtlich der Druckbeständigkeit als auch hinsichtlich  
25 der Verschleißanfälligkeit der Anlagebereiche zu optimieren.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Pumpe-Düse-Einheit ist vorgesehen, dass die Härte der zu den  
30 Anlagebereichen mit höherer Härte benachbarten Bereiche durch ein Lufthärteverfahren eingestellt ist. Lufthärteverfahren zeichnen sich dadurch aus, dass der erhitzte Stahl langsam an der Luft abgekühlt wird, um einen Martensit hoher Härte zu

bilden. Dabei ist es erwünscht, ein Martensitgefüge zu erzeugen, das zumindest genauso gut wie durch Öl- oder Salzbadhärtungsverfahren erzeugbare Martensitgefüge ist. Zu diesem Zweck können beispielsweise Stahlzusammensetzungen verwendet werden, die Silizium, Mangan und Molybdän in Verbindung mit Chrom und unterschiedlichen Kohlenstoffgehalten umfassen.

Bei einer ebenfalls bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Pumpe-Düse-Einheit ist vorgesehen, dass die Härte der Anlagebereiche mit höherer Härte durch ein Laserhärtungsverfahren eingestellt ist.

In diesem Zusammenhang wird es als besonders vorteilhaft erachtet, wenn weiterhin vorgesehen ist, dass das Laserhärtungsverfahren auf bereits durch ein Lufthärtungsverfahren gehärtetes Material angewendet wurde. Durch das Lufthärtungsverfahren kann das Material mit normalen Abkühlbedingungen beispielsweise auf 680 HV gehärtet werden, ohne dass die Materialeigenschaften hinsichtlich der Druckbeständigkeit zu stark nachteilig beeinflusst werden. Durch Laserstrahlverfahren lässt sich die Härte der Anlagebereiche anschließend auf beispielsweise 800 HV steigern. Zur Härtung kann in vorteilhafter Weise ein Laser mit rechteckförmigem Strahl eingesetzt werden, wobei die zu härtenden Anlagebereiche durch den Laserstrahl kurzzeitig auf die Austenitisierungstemperatur gebracht werden können, um dann beispielsweise nach dem Abschalten des Laserstrahls durch Selbstabschreckung die hohe Härte zu erzeugen. Durch die kurze Einwirkzeit und die damit verbundene geringe Energie kann in vielen Fällen sichergestellt werden, dass der Bereich, in dem der gehärtete Körper angelassen wird, klein ist und somit Risse vermieden werden können, die sonst beim Nachhärten entstehen.

Die vorstehend erläuterten Vorteile können insbesondere erzielt werden, wenn vorgesehen ist, dass das Laserhärteverfahren mit Hilfe eines Diodenlasers durchgeführt wurde. Diodenlaser, insbesondere Hochleistungs-Diodenlaser, verfügen über einen sehr guten elektrischen Wirkungsgrad (beispielsweise Faktor 10 im Vergleich zum Nd:YAG-Laser). Sie können mit einer äußerst kompakten Bauform realisiert werden (beispielsweise Faktor 0,1 im Vergleich zum CO<sub>2</sub>-Laser).

Weiterhin wird bevorzugt, dass das bereits durch ein Lufthärteverfahren gehärtete Material "Ovako 677" ist. Der von der Firma Ovako angebotene Stahl "Ovako 677" weist ein besseres Durchhärtungsvermögen bei langsamer Abkühlung an offener Luft auf als beispielsweise ein normaler DIN 100 Cr 6 Stahl bei schneller Ölhärtung.

Eine ebenfalls bevorzugte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Pumpe-Düse-Einheit sieht vor, dass die Anlagebereiche mit höherer Härte und die zu diesen Anlagebereichen benachbarten Bereiche einstückig ausgebildet sind.

Allgemein wird bevorzugt, dass die Anlagebereiche mit höherer Härte eine Härte im Bereich von 760 HV bis 850 HV aufweisen. Ein in diesem Zusammenhang besonders bevorzugter Bereich erstreckt sich von 760 HV bis 780 HV.

Allgemein wird weiterhin bevorzugt, dass die zu den Anlagebereichen mit höherer Härte benachbarten Bereiche eine Härte im Bereich von 600 HV bis 750 HV aufweisen. Dabei erstreckt sich ein besonders bevorzugter Bereich von 650 HV bis 720 HV.

Weitere Vorteile können erzielt werden, wenn bei der erfindungsgemäßen Pumpe-Düse-Einheit vorgesehen ist, dass die An-



lagebereiche mit höherer Härte zumindest teilweise nachgeschliffen sind. Gute Ergebnisse werden beispielsweise erzielt, wenn ungefähr 50 µm des Materials abgeschliffen werden.

5

Weiterhin wird es als vorteilhaft erachtet, wenn vorgesehen ist, dass die Anlagebereiche mit höherer Härte eine Tiefe von ungefähr 0,2 mm aufweisen.

10 Das erfindungsgemäße Verfahren baut auf dem gattungsgemäßen Stand der Technik dadurch auf, dass die mit der Übersetzungseinrichtung in Kontakt gelangenden Anlagebereiche des Steuer-  
ventils zumindest teilweise derart nachgehärtet werden, dass  
ihre Härte höher als die Härte von zu diesen Anlagebereichen  
15 benachbarten Bereichen ist. Dadurch ergeben sich die im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Pumpe-Düse-Einheit erläuterten Vorteile in gleicher oder ähnlicher Weise, weshalb zur Vermeidung von Wiederholungen auf die entsprechenden Ausführungen verwiesen wird.

20

Gleiches gilt sinngemäß für die folgenden bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei auch bezüglich der durch diese Ausführungsformen erzielbaren Vorteile auf die entsprechenden Ausführungen im Zusammenhang mit  
25 der erfindungsgemäßen Pumpe-Düse-Einheit verwiesen wird.

Auch bei vorteilhaften Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass die Härte der zu den Anlagebereichen mit höherer Härte benachbarten Bereiche durch  
30 ein Lufthärteverfahren eingestellt wurde.

Weiterhin werden Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens als vorteilhaft erachtet, bei denen vorgesehen ist,

dass die Härte der Anlagebereiche mit höherer Härte durch ein Laserhärteverfahren eingestellt wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird in diesem Zusammenhang bevorzugt, dass das Laserhärteverfahren auf bereits  
5 durch ein Lufthärteverfahren gehärtetes Material angewendet wird.

Ähnlich wie bei der erfindungsgemäßen Pumpe-Düse-Einheit wird  
10 es auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren als vorteilhaft erachtet, wenn vorgesehen ist, dass das Laserhärteverfahren mit Hilfe eines Diodenlasers durchgeführt wird.

15 Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass das bereits durch ein Lufthärteverfahren gehärtete Material "Ovako 677" ist.

20 Auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird es als vorteilhaft erachtet, dass die Anlagebereiche mit höherer Härte und die zu diesen Anlagebereichen benachbarten Bereiche einstückig ausgebildet sind.

25 Allgemein wird für das erfindungsgemäße Verfahren bevorzugt, dass die Anlagebereiche mit höherer Härte eine Härte im Bereich von 760 HV bis 850 HV erhalten, vorzugsweise im Bereich von 760 HV bis 780 HV.

30 Darüber hinaus wird es als vorteilhaft erachtet, dass die zu den Anlagebereichen mit höherer Härte benachbarten Bereiche eine Härte im Bereich von 600 HV bis 750 HV aufweisen, vorzugsweise im Bereich von 650 HV bis 720 HV.

Eine vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass die Anlagebereiche mit höherer Härte zumindest teilweise nachgeschliffen werden.

5

Weiterhin kann das erfindungsgemäße Verfahren vorsehen, dass die Anlagebereiche mit höherer Härte mit einer Tiefe von ungefähr 0,2 mm ausgebildet werden.

- 10 Besonders gute Ergebnisse lassen sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erzielen, wenn vorgesehen ist, dass die Härte der Anlagebereiche mit höherer Härte durch ein Diodenlaserhärteverfahren eingestellt wird, wobei der Diodenlaser in Abhängigkeit eines Ausgangssignals von zumindest einer Photodi-
- 15 ode betrieben wird, die emittierte Strahlung erfasst. Über die emittierte Strahlung lässt sich beispielsweise die aktuelle Oberflächentemperatur bestimmen, so dass diese als Rückführgröße verwendet werden kann, wodurch es ermöglicht wird, dass das Stellglied für die Laserdioden derart angesteuert
- 20 wird, dass eine geregelte Abkühlung und/oder eine Abkühlung durch Abschalten des Lasers erzielt wird.

In diesem Zusammenhang kann insbesondere vorgesehen sein, dass die emittierte Strahlung Wärmestrahlung ist.

25

- Weiterhin werden Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens als besonders vorteilhaft angesehen, bei denen vorgesehen ist, dass die Härte der Anlagebereiche mit höherer Härte durch ein Diodenlaserhärteverfahren eingestellt wird, wo-
- 30 bei der Diodenlaser in Abhängigkeit eines Ausgangssignals von zumindest einer Photodiode betrieben wird, die reflektierte Strahlung erfasst. Auch reflektierte Strahlung kann in vor-

teilhafter Weise zur Steuerung und/oder Regelung der Laserdi-  
oden eingesetzt werden.

5 Dabei kommen insbesondere Ausführungsformen in Betracht, bei  
denen vorgesehen ist, dass die reflektierte Strahlung Laser-  
strahlung ist.

10 Ein wesentlicher Grundgedanke der Erfindung besteht darin,  
die an das Steuerventilgehäuse gestellten Anforderungen da-  
durch zu erfüllen, dass anstelle eines Ausgangsmaterials mit  
einer hohen Grundhärte ein Material mit niedrigerer Grundhär-  
te gewählt wird, das insbesondere in den Anlagebereichen mit-  
tels eines Laserstrahls nachgehärtet wird, die mit der mecha-  
nischen Übersetzungseinrichtung in Kontakt gelangen.

15

Die Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die beigefügten  
Zeichnungen anhand bevorzugter Ausführungsformen beispielhaft  
erläutert.

20 Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Ausführungsform einer erfindungs-  
gemäßen Pumpe-Düse-Einheit, bei der das erfindungs-  
gemäße Verfahren angewendet wurde;

25

Figur 2 eine schematische Teil-Schnittansicht einer ersten  
Ausführungsform eines Steuerventils, das mit der  
Pumpe-Düse-Einheit nach Figur 1 verwendet werden  
kann; und

30

Figur 3 eine schematische Teil-Schnittansicht einer zweiten  
Ausführungsform eines Steuerventils, das ebenfalls

mit der Pumpe-Düse-Einheit nach Figur 1 verwendet werden kann.

Figur 1 zeigt schematisch eine Pumpe-Düse-Einheit. Die dargestellte Pumpe-Düse-Einheit zum Zuführen von Kraftstoff 10 in einen Verbrennungsraum 12 einer Brennkraftmaschine weist eine Kraftstoffpumpe 14-22 auf. Dabei ist ein Kraftstoffpumpenkolben 14 in einem Kraftstoffpumpenzylinder 16 hin und her bewegbar. Der Kraftstoffpumpenkolben 14 wird direkt oder indirekt über eine nicht dargestellte Nockenwelle der Brennkraftmaschine angetrieben. Der Kompressionsraum des Kraftstoffpumpenzylinders 16 bildet einen ersten Druckraum 28. Der erste Druckraum 28 ist über eine Kraftstoffleitung 20 mit einem Piezo-Steuerventil 22 verbunden. Das Piezo-Steuerventil 22 dient dazu, die Kraftstoffleitung 20 entweder zu verschließen oder mit einem Kraftstoff-Niederdruckbereich 18 zu verbinden, aus dem Kraftstoff 10 angesaugt werden kann. In der geöffneten Ruhestellung des Piezo-Steuerventils 22 wird bei einer bezogen auf Figur 1 nach oben gerichteten Bewegung des Kraftstoffpumpenkolbens 14 Kraftstoff 10 aus dem Kraftstoff-Niederdruckbereich 18 in den ersten Druckraum 28 angesaugt. Sofern das Piezo-Steuerventil 22 sich bei einer bezogen auf Figur 1 nach unten gerichteten Bewegung des Kraftstoffpumpenkolbens 14 noch in seiner geöffneten Ruhestellung befindet, kann vorher in den ersten Druckraum 28 angesaugter Kraftstoff 10 wieder zurück in den Kraftstoff-Niederdruckbereich 18 gedrückt werden. Bei einer geeigneten Ansteuerung des Piezo-Steuerventils 22 verschließt dieses die Kraftstoffleitung 20. Dadurch wird der in den ersten Druckraum 28 angesaugte Kraftstoff 10 bei einer nach unten gerichteten Bewegung des Kraftstoffpumpenkolbens 14 komprimiert, wodurch ein erster Druck  $p_{28}$  in dem ersten Druckraum 28 erzeugt wird. Die dargestellte Pumpe-Düse-Einheit umfasst weiterhin eine insgesamt mit 24

bezeichnete Kraftstoffeinspritzdüse, die eine zwischen einer Schließstellung und einer Öffnungsstellung hin und her bewegliche Düsennadel 46 aufweist. Ein Druckstift 26 kann, bezogen auf die Darstellung von Figur 1, insbesondere eine nach unten gerichtete Kraft auf die Düsennadel 46 ausüben. Am oberen Ende des Druckstifts 26 ist eine Einstellscheibe 40 vorgesehen, die in einem zweiten Druckraum 30 geführt ist, wobei in dem zweiten Druckraum 30 unter einem zweiten Druck  $p_{30}$  stehender Kraftstoff 10 über den Druckstift 26 eine bezogen auf die Darstellung von Figur 1 nach unten gerichtete Schließkraft auf die Düsennadel 46 ausübt. Die Einstellscheibe 40 ist dabei vorzugsweise gegenüber dem zweiten Druckraum 30 nur so stark abgedichtet, dass der zweite Druck  $p_{30}$  vor Beginn eines neuen Einspritzzyklus bereits wieder abgebaut ist. Eine ebenfalls nach unten gerichtete weitere Schließkraft wird durch eine erste Feder 36 auf den Druckstift 26 und somit die Düsennadel 46 ausgeübt, wobei die erste Feder 36 in dem zweiten Druckraum 30 angeordnet ist und sich mit ihrem hinteren Ende an der Einstellscheibe 40 abstützt. Ein eine Schulter 44 aufweisender Abschnitt der Düsennadel 46 ist von einem dritten Druckraum 32 umgeben, der mit dem ersten Druckraum 28 über eine Verbindungsleitung 42 kommuniziert. In Abhängigkeit von der Drosselwirkung der Verbindungsleitung 42 und gegebenenfalls weiterer nicht dargestellter Drosseleinrichtungen wird in Abhängigkeit von dem in dem ersten Druckraum 28 herrschenden ersten Druck  $p_{28}$  in dem dritten Druckraum 32 ein dritter Druck  $p_{32}$  aufgebaut. Der in dem dritten Druckraum 32 unter dem dritten Druck  $p_{32}$  stehende Kraftstoff 10 übt eine bezogen auf die Darstellung von Figur 1 nach oben gerichtete Öffnungskraft auf die Düsennadel 46 aus. Die Düsennadel 46 nimmt ihre Öffnungsstellung ein, solange eine Differenz zwischen der durch den dritten Druck  $p_{32}$  verursachten Öffnungskraft und der Summe aus der durch den zweiten Druck  $p_{30}$  erzeugten

Schließkraft und der durch die erste Feder 36 erzeugten Schließkraft einen vorgegebenen Wert überschreitet. Über den zweiten Druck  $p_{30}$  in dem zweiten Druckraum 30 kann somit der Düsenöffnungsdruck beeinflusst werden. Um den zweiten Druck  $p_{30}$  im zweiten Druckraum 30 auf jeweils geeignet Werte zu be-  
5 grenzen und zu halten kann beispielsweise ein Druckbegren- zungs- und -halteventil 34 zwischen dem ersten Druckraum 28 und dem zweiten Druckraum 30 vorgesehen sein.

10 Figur 2 zeigt eine schematische Teil-Schnittansicht einer ersten Ausführungsform eines Steuerventils, das mit der Pumpe-Düse-Einheit nach Figur 1 verwendet werden kann. Bei dem in Figur 2 dargestellten Steuerventil handelt es sich um ein  
sogenanntes I-Ventil, das heißt ein Ventil, das in der Strömungsrichtung vom Hochdruckbereich zum Niederdruckbereich des  
15 Steuerventils schließt. Das dargestellte Piezo-Steuerventil 22 weist eine Ventilnadel 48 auf, die zum Schließen des Piezo-Steuerventils 22 in die dargestellte erste Endstellung und zum vollständigen Öffnen des Piezo-Steuerventils 22 in eine  
20 zweite Endstellung bewegt werden kann, die bezogen auf die Darstellung nach rechts verschoben ist. Wenn sich die Ventilnadel 48 in ihrer dargestellten ersten Endstellung befindet, wirkt ein an der Ventilnadel 48 vorgesehener Ventilteller 64 mit einem gehäuseseitigen Ventilsitz 62 zusammen. Dadurch  
25 wird der Kraftstoff-Niederdruckbereich 18 gegenüber einer Hochdruckkammer 38 verschlossen, die mit der in Figur 1 dargestellten Kraftstoffleitung 20 in Verbindung steht. Das Piezo-Steuerventil 22 weist einen Piezoaktor beziehungsweise ein Piezoelement 76 auf. Bei geeigneter Ansteuerung des Piezoelementes 76 übt dieses über eine Stirnfläche 78 eine Kraft auf  
30 ein Druckstück 54 aus. Das Druckstück 54 überträgt die von dem Piezoelement 76 erzeugte Kraft seinerseits auf einen ersten Hebel 56 und einen zweiten Hebel 58, wobei der erste He-

bel 56 und der zweite Hebel 58 dazu vorgesehen sind, eine Kraftübersetzung zu bewirken und den Ventilnadelhub zu vergrößern. Der erste Hebel 56 und der zweite Hebel 58 liegen an einer zweiten axialen Endfläche 72 der Ventilnadel 48 an, um die von dem Piezoelement 76 erzeugte, übersetzte Kraft auf die Ventilnadel 48 zu übertragen. Die von dem geeignet angesteuerten Piezoelement 76 erzeugte, übersetzte Kraft, die auf die Ventilnadel 48 wirkt, ist größer als eine entgegengesetzte Kraft, die von einer zweiten Feder 66 erzeugt und über ein Federdruckstück 68 auf eine erste axiale Endfläche 70 der Ventilnadel 48 ausgeübt wird. Der Kraftstoff-Niederdruckbereich 18 steht mit einem Absteuerraum 50 in Verbindung, der über eine Ausgleichsbohrung 52 weiterhin mit einem vor dem Piezoelement 76 befindlichen Aktorraum 74 in Verbindung steht. Dieser Aktorraum 74 steht mit einem Rücklauf 60 in Verbindung, über den Kraftstoff aus dem Aktorraum 74 zurückströmen kann. Der erste Hebel 56 und der zweite Hebel 58, die die mechanische Übersetzungseinrichtung bilden, gelangen mit Bereichen 80, 82 des Steuerventilgehäuses in Kontakt, die mit Hilfe eines Diodenlasers derart nachgehärtet wurden, dass sie eine Härte im Bereich von 760 HV bis 780 HV aufweisen. Die zu den Anlagebereichen 80, 82 mit höherer Härte benachbarten Bereiche 52 des Steuerventilgehäuses sind einstückig mit den Anlagebereichen 80, 82 ausgebildet (die unterschiedliche Schraffur dient nur dazu, die nachgehärteten Bereiche kenntlich zu machen). Die zu den Anlagebereichen 80, 82 benachbarten Bereiche 52 weisen eine durch ein Lufthärteverfahren eingestellte Härte von 650 HV bis 720 HV auf. Als Material für das Steuerventilgehäuse wird der von der Firma Ovako angebotene Stahl "Ovako 677" besonders bevorzugt. Die Tiefe der Anlagebereiche 80, 82 beträgt ungefähr 0,2 mm, wobei die mit den Hebeln 56, 58 in Kontakt gelangenden Oberflä-



chen der Anlagebereiche 80, 82 durch einen Materialabtrag von ungefähr 50 µm nachgeschliffen sind.

Figur 3 zeigt eine schematische Teil-Schnittansicht einer zweiten Ausführungsform eines Steuerventils, das ebenfalls mit der Pumpe-Düse-Einheit nach Figur 1 verwendet werden kann. Bei dem in Figur 3 dargestellten Steuerventil handelt es sich um ein sogenanntes A-Ventil, das heißt ein Ventil, das entgegengesetzt zur Strömungsrichtung vom Hochdruckbereich zum Niederdruckbereich schließt. Derartige A-Ventile bieten häufig eine größere Sicherheit gegenüber einem unerwünschten Verklemmen der Ventilnadel. Das dargestellte Piezo-Steuerventil 22 weist eine Ventilnadel 48 auf, die zum Schließen des Piezo-Steuerventils 22 in die dargestellte erste Endstellung und zum vollständigen Öffnen des Piezo-Steuerventils 22 in eine zweite Endstellung bewegt werden kann, die bezogen auf die Darstellung nach rechts verschoben ist. Wenn sich die Ventilnadel 48 in ihrer dargestellten ersten Endstellung befindet, wirkt ein an der Ventilnadel 48 vorgesehener Ventilteller 64 mit einem gehäuseseitigen Ventilsitz 62 zusammen. Dadurch wird der Vorlauf- und Absteuer-raum 50, der mit dem Kraftstoff-Niederdruckbereich in Verbindung steht, gegenüber einer Hochdruckkammer 38 verschlossen, die mit der in Figur 1 dargestellten Kraftstoffleitung 20 in Verbindung steht. Das Piezo-Steuerventil 22 weist einen Piezoaktor beziehungsweise ein Piezoelement 76 auf. Bei geeigneter Ansteuerung des Piezoaktors 76 übt dieser mit seiner Stirnfläche 78 eine Kraft auf einen ersten Hebel 56 und einen zweiten Hebel 58 aus, wobei der erste Hebel 56 und der zweite Hebel 58 die mechanische Übersetzungseinrichtung bilden. Der erste Hebel 56 und der zweite Hebel 58 liegen an einer zweiten axialen Endfläche 72 der Ventilnadel 48 an, um die von dem Piezoelement 76 erzeugte, übersetzte Kraft auf die Ven-

tilnnadel 48 zu übertragen. Die von dem geeignet angesteuerten Piezoaktor 76 erzeugte, übersetzte Kraft, die auf die Ventlnadel 48 wirkt, ist größer als eine entgegengesetzte Kraft, die von einer zweiten Feder 66 erzeugt und auf eine erste axiale Endfläche 70 der Ventlnadel 48 ausgeübt wird. Auch bei der in Figur 3 dargestellten Ausführungsform des Steuerventils 22 sind die Anlagebereiche 80, 82, die mit der durch den ersten Hebel 56 und den zweiten Hebel 58 gebildete mechanische Übersetzungseinrichtung in Kontakt gelangen, mit Hilfe eines Laserstrahls nachgehärtet. Im Übrigen wird auf die Beschreibung zur Figur 2 verwiesen.

Die Erfindung lässt sich wie folgt zusammenfassen: Die Erfindung betrifft eine Pumpe-Düse-Einheit zum Zuführen von Kraftstoff in einen Verbrennungsraum einer Brennkraftmaschine, mit einer steuer- und/oder regelbaren Kraftstoffpumpe, die ein Steuerventil mit einer Ventlnadel umfasst, die von einem Piezoaktor ausgelenkt wird, wobei der vergleichsweise geringe Hub des Piezoaktors von einer mechanischen Übersetzungseinrichtung auf das zur Auslenkung der Ventlnadel notwendige Maß gesteigert wird. Um die Druckbeständigkeit des Steuerventilgehäuses nicht zu gefährden und dennoch vergleichsweise verschleißfeste mit der mechanischen Übersetzungseinrichtung 56, 58 in Kontakt gelangende Anlagebereiche 80, 82 bereitzustellen, ist vorgesehen, das Steuerventilgehäuse aus einem Werkstoff mit vergleichsweise niedrigerer Grundhärte zu bilden, beispielsweise aus Ovako 677, und die Anlagebereiche 80, 82 des Steuerventils 22 mittels Laser nachzuhärten.

Die in der vorstehenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein.

## Patentansprüche

1. Pumpe-Düse-Einheit zum Zuführen von Kraftstoff (10) in einen Verbrennungsraum (12) einer Brennkraftmaschine, mit einer  
5 steuer- und/oder regelbaren Kraftstoffpumpe (14-22), die ein  
Steuerventil (22) mit einer Ventilnadel (48) umfasst, die von  
einem Piezoaktor (76) ausgelenkt wird, wobei der vergleichs-  
weise geringe Hub des Piezoaktors (76) von einer mechanischen  
Übersetzungseinrichtung (56, 58) auf das zur Auslenkung der  
10 Ventilnadel (48) notwendige Maß gesteigert wird,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass mit der Übersetzungseinrichtung (56, 58) in Kontakt ge-  
langende Anlagebereiche (80, 82) des Steuerventils (22) zu-  
mindest teilweise eine höhere Härte aufweisen als zu diesen  
15 Anlagebereichen (80, 82) benachbarte Bereiche (52).

2. Pumpe-Düse-Einheit nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Härte der zu den Anlagebereichen (80, 82) mit höhe-  
20 rer Härte benachbarten Bereiche (52) durch ein Lufthärtever-  
fahren eingestellt ist.

3. Pumpe-Düse-Einheit nach Anspruch 1 oder 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
25 dass die Härte der Anlagebereiche (80, 82) mit höherer Härte  
durch ein Laserhärteverfahren eingestellt ist.

4. Pumpe-Düse-Einheit nach Anspruch 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
30 dass das Laserhärteverfahren auf bereits durch ein Lufthärte-  
verfahren gehärtetes Material angewendet wurde.

5. Pumpe-Düse-Einheit nach Anspruch 3 oder 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass das Laserhärteverfahren mit Hilfe eines Diodenlasers  
durchgeführt wurde.

5 6. Pumpe-Düse-Einheit nach Anspruch 4 oder 5,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass das bereits durch ein Lufthärteverfahren gehärtete Mate-  
rial "Ovako 677" ist.

10 7. Pumpe-Düse-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
che,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Anlagebereiche (80, 82) mit höherer Härte und die zu  
diesen Anlagebereichen (80, 82) benachbarten Bereiche (52)  
15 einstückig ausgebildet sind.

8. Pumpe-Düse-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
che,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
20 dass die Anlagebereiche (80, 82) mit höherer Härte eine Härte  
im Bereich von 760 HV bis 850 HV aufweisen.

9. Pumpe-Düse-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
che,  
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die zu den Anlagebereichen (80, 82) mit höherer Härte  
benachbarten Bereiche (52) eine Härte im Bereich von 600 HV  
bis 750 HV aufweisen.

30 10. Pumpe-Düse-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
che,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die Anlagebereiche (80, 82) mit höherer Härte zumindest teilweise nachgeschliffen sind.

11. Pumpe-Düse-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die Anlagebereiche (80, 82) mit höherer Härte eine Tiefe von ungefähr 0,2 mm aufweisen.

12. Verfahren zur Einstellung der Härte von zumindest einigen mit einer mechanischen Übersetzungseinrichtung (56, 58) in Kontakt gelangenden Anlagebereichen (80, 82) eines Steuerventils (22) für eine Pumpe-Düse-Einheit zum Zuführen von Kraftstoff (10) in einen Verbrennungsraum (12) einer Brennkraftmaschine, wobei die mechanische Übersetzungseinrichtung (56, 58) dazu vorgesehen ist, einen durch einen Piezoaktor (76) hervorgerufenen vergleichsweise geringen Hub auf ein zur Auslenkung einer Ventalnadel (48) des Steuerventils notwendiges Maß zu steigern,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die mit der Übersetzungseinrichtung (56, 58) in Kontakt gelangenden Anlagebereiche (80, 82) des Steuerventils (22) zumindest teilweise derart nachgehärtet werden, dass ihre Härte höher als die Härte von zu diesen Anlagebereichen (80, 82) benachbarten Bereichen (52) ist.

13. Verfahren nach Anspruch 12,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die Härte der zu den Anlagebereichen (80, 82) mit höherer Härte benachbarten Bereiche (52) durch ein Lufthärteverfahren eingestellt wurde.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Härte der Anlagebereiche (80, 82) mit höherer Härte  
durch ein Laserhärteverfahren eingestellt wird.

5 15. Verfahren nach Anspruch 14,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass das Laserhärteverfahren auf bereits durch ein Lufthärte-  
verfahren gehärtetes Material angewendet wird.

10 16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass das Laserhärteverfahren mit Hilfe eines Diodenlasers  
durchgeführt wird.

15 17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass das bereits durch ein Lufthärteverfahren gehärtete Mate-  
rial "Ovako 677" ist.

20 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 17,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Anlagebereiche (80, 82) mit höherer Härte und die zu  
diesen Anlagebereichen (80, 82) benachbarten Bereiche (52)  
einstückig ausgebildet sind.

25

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 18,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Anlagebereiche (80, 82) mit höherer Härte eine Härte  
im Bereich von 760 HV bis 850 HV erhalten.

30

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 19,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die zu den Anlagebereichen (80, 82) mit höherer Härte benachbarten Bereiche (52) eine Härte im Bereich von 600 HV bis 750 HV aufweisen.

5 21. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 20,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Anlagebereiche (80, 82) mit höherer Härte zumindest teilweise nachgeschliffen werden.

10 22. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 21,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Anlagebereiche (80, 82) mit höherer Härte mit einer Tiefe von ungefähr 0,2 mm ausgebildet werden.

15 23. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 22,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Härte der Anlagebereiche (80, 82) mit höherer Härte durch ein Diodenlaserhärteverfahren eingestellt wird, wobei der Diodenlaser in Abhängigkeit eines Ausgangssignals von zu-  
20 mindest einer Photodiode betrieben wird, die emittierte Strahlung erfasst.

24. Verfahren nach Anspruch 23,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
25 dass die emittierte Strahlung Wärmestrahlung ist.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 24,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Härte der Anlagebereiche (80, 82) mit höherer Härte  
30 durch ein Diodenlaserhärteverfahren eingestellt wird, wobei der Diodenlaser in Abhängigkeit eines Ausgangssignals von zu-  
mindest einer Photodiode betrieben wird, die reflektierte Strahlung erfasst.

26. Verfahren nach Anspruch 25,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die reflektierte Strahlung Laserstrahlung ist.



## Zusammenfassung

Pumpe-Düse-Einheit und Verfahren zur Einstellung der Härte von Anlagebereichen eines Steuerventils

5

Die Erfindung betrifft eine Pumpe-Düse-Einheit zum Zuführen von Kraftstoff in einen Verbrennungsraum einer Brennkraftmaschine, mit einer steuer- und/oder regelbaren Kraftstoffpumpe, die ein Steuerventil mit einer Ventilnadel umfasst, die von einem Piezoaktor ausgelenkt wird, wobei der vergleichsweise geringe Hub des Piezoaktors von einer mechanischen Übersetzungseinrichtung auf das zur Auslenkung der Ventilnadel notwendige Maß gesteigert wird. Um die Druckbeständigkeit des Steuerventilgehäuses nicht zu gefährden und dennoch vergleichsweise verschleißfeste mit der mechanischen Übersetzungseinrichtung (56, 58) in Kontakt gelangende Anlagebereiche (80, 82) bereitzustellen, ist vorgesehen, das Steuerventilgehäuse aus einem Werkstoff mit vergleichsweise niedriger Grundhärte zu bilden, beispielsweise aus Ovako 677, und die Anlagebereiche (80, 82) des Steuerventils (22) mittels Laser nachzuhärten.

Figur 2

FIG 1

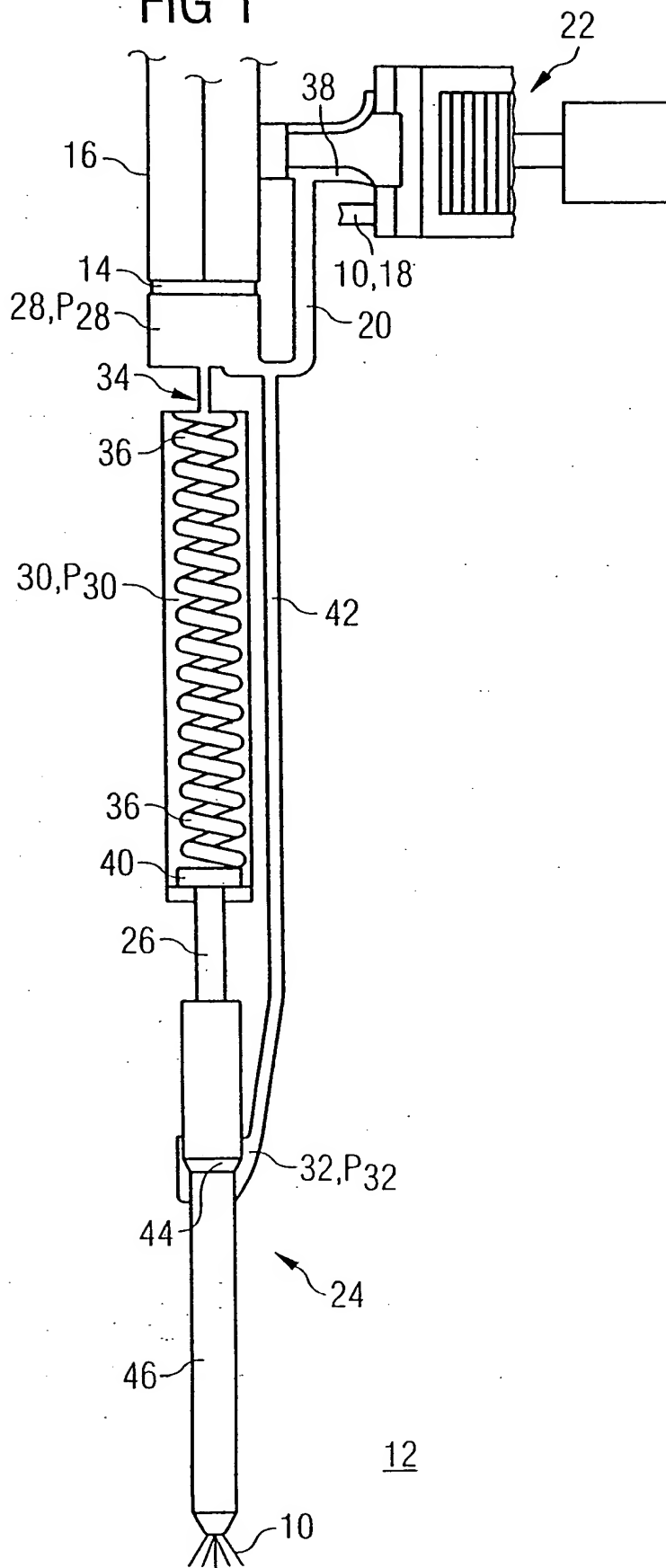
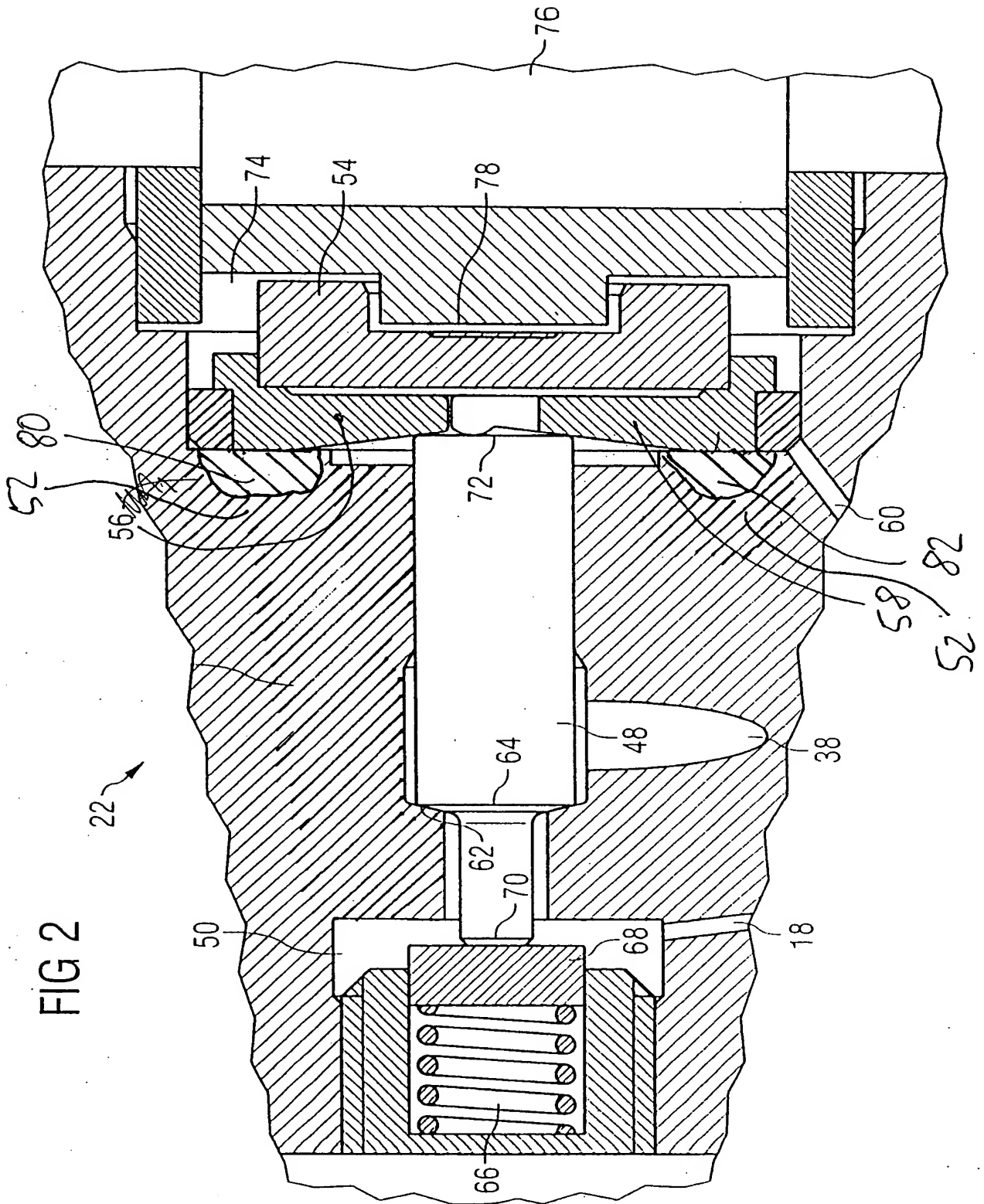


FIG 2



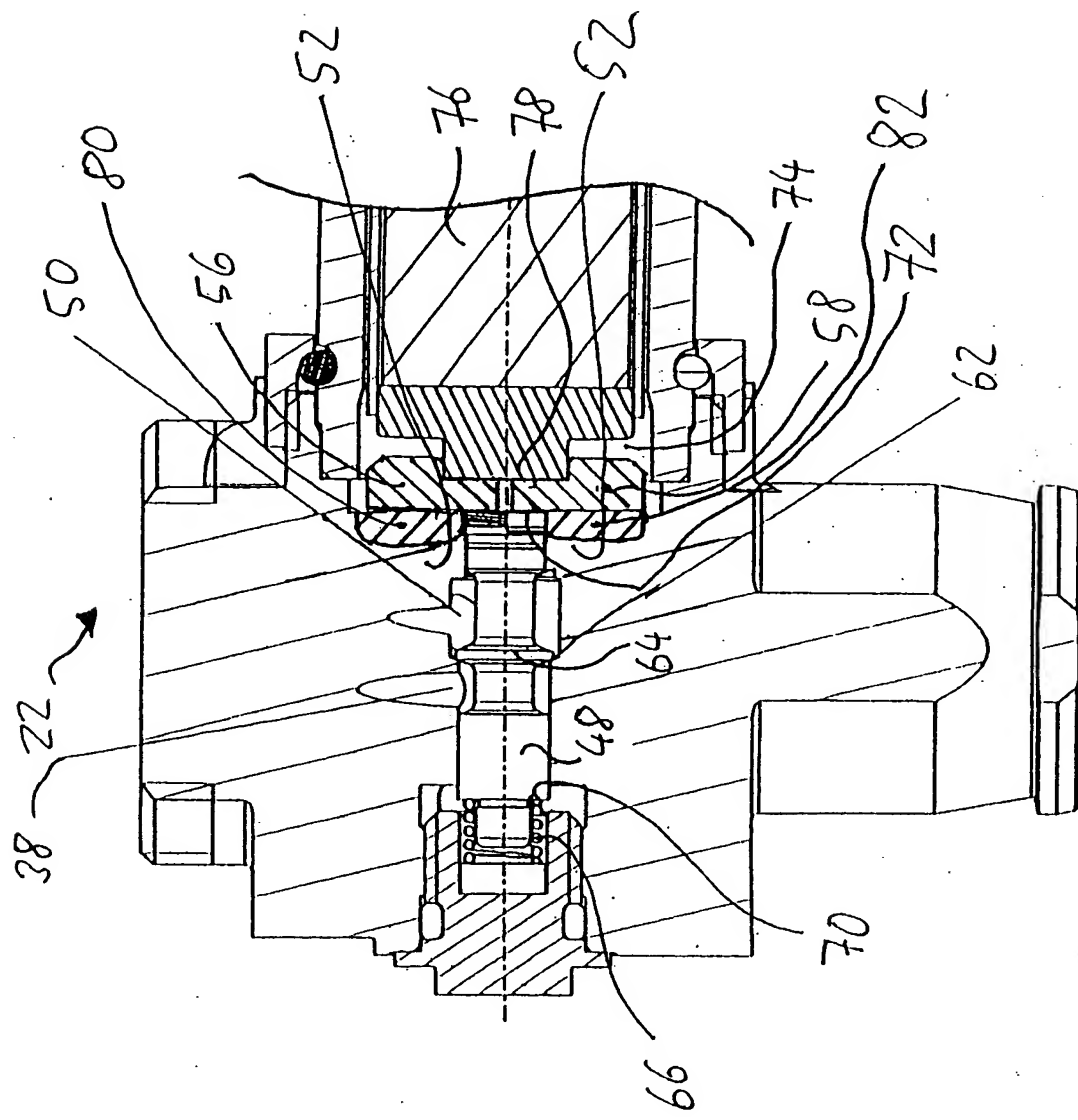


Fig. 3